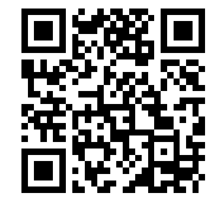



LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
GIFT OF
Jena Univ.
Received Nov., 1891.
Accessions No. 42602 Shelf No.



DIE PHYSIKALISCHE EINWIRKUNG VON SINKSTOFFEN AUF DIE IM WASSER BEFINDLICHEN MIKROORGANISMEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT ZU JENA

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

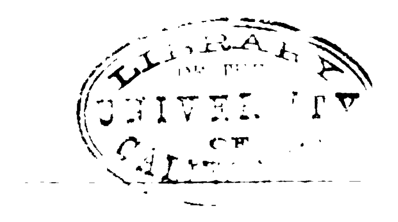
MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHÜLFE

VORGELEGT

VON

BRUNO KRÜGER

AUS POTSDAM.



LEIPZIG,

VEIT & COMP.

1889.

(Abgedruckt aus der *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. VII, Heft 1.)

Genehmigt von der medicinischen Facultät auf Antrag des Uuterzeichneten.

Jena, den 25. Juli 1889.

GÄRTNER,
d. Z. Decan.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

MEINEN LIEBEN ELTERN.

Die bacteriologische Forschung hat uns die Ursachen vieler Krankheiten, die bis dahin unbekannt waren, kennen gelehrt. Man weiss jetzt, dass sich die Erreger von verderblichen Krankheiten, wie Typhus und Cholera, einige Zeit im Wasser halten können, und es hat sich daher das Interesse auch auf die bacteriologische Untersuchung des Wassers gerichtet. Da es naturgemäss nur selten gelingen wird, die pathogenen Keime im Wasser aufzufinden, so hat man versucht, durch Bestimmung der Zahl, der Arten und Individuen der saprophyten Bacterien in dem Wasser einen Schluss auf die Güte und Reinheit desselben zu ziehen. Zu diesem Zwecke ist sowohl das Wasser von Brunnen und Wasserleitungen, als auch von Seen und Flüssen untersucht worden. Die Prüfung des Wassers der letzteren ist besonders deshalb von Werth, weil der Bedarf an Wasser für eine Anzahl von Städten daraus bezogen werden muss. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, dass in den Flüssen im Allgemeinen mehr Bacterien vorkommen als in den Seen.

Eine kleine Anzahl von Beispielen mag dies anschaulich machen: Der Züricher See hat nach ungefähr 50 Versuchen, welche Cramer[1] im October und December 1884 und Januar 1885 anstellte, einen Durchschnittsgehalt von 168 Keimen pro Cubikcentimeter; weniger enthielt der Vierwaldstätter See: einmal führte er 8, das andere Mal 51 Bacterien im

[1] Die Wasserversorgung von Zürich u. s. w. *Bericht der „Erweiterten Wassercommission" an den Stadtrath von Zürich.*



Cubikcentimeter Wasser; der Genfer See enthielt in 10 Proben durchschnittlich 38 Bacterien pro Cubikcentimeter. Andere Zahlen zeigen diejenigen Seen, in welche Flüsse, die an grösseren Städten vorüberfliessen, münden. Der 1·5 Meilen lange Havelsee zwischen Potsdam und Spandau weist in der Mitte zwischen beiden Orten beim Dorfe Cladow nach Frank[1] folgenden Gehalt an Mikroorganismen auf: Im April durchschnittlich nach zwei Proben 27,400, im Juni 286,000, im August 326,000, im November 15,300 und im Januar nach einer Untersuchung 10,600 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter Wasser.

In einem Gletscherbach 1600 ^{m} über dem Meere und 50 ^{m} unter dem Gletscherthore hat Schmelck[2] in zwei Proben 4—6 Bacterien gefunden. Rosenberg[3] untersuchte das Wasser des Mains oberhalb von Würzburg auf seinen Gehalt an Bacterien und fand im Februar im Durchschnitt nach 9 Untersuchungen 662, im März durchschnittlich nach 13 Prüfungen 823 Keime pro Cubikcentimeter Wasser. Der Rhein bei Mülheim enthielt nach Moers[4] im Jahre 1885 vom Mai bis zum November durchschnittlich 20,000 Bacterien im Cubikcentimeter.

Die in dem Wasser der Seen und Flüsse gefundenen Keime entstammen verschiedenen Quellen. Eine Anzahl von Bacterien, deren Menge allerdings kaum bestimmbar sein dürfte, wird in Staubform vom Wind in das Wasser hineingeweht. Auch durch Schnee und Regen werden aus der Luft Bacterien in das Wasser niedergeschlagen.

Janowsky[5] untersuchte in der Umgebung von Kiew frisch gefallenen Schnee und fand im Cubikcentimeter Schmelzwasser 38 bis 463 Bacterien. Im Regenwasser fand Miquel[6] (Montsouris, regnerische Zeit) 4 Keime pro Cubikcentimeter, im Centrum von Paris 19 Keime pro Cubikcentimeter.

Am Ursprung der Gewässer, an ihren Quellen findet man schon Verunreinigungen durch Mikroorganismen. Die Stadt Jena wird durch Quellen versorgt, deren Wasser in vier, ca. 6 ^{m} tiefen Brunnenkesseln aufgenommen und, nachdem es nochmals aus diesen in einen Sammelbrunnen geflossen

[1] Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bacteriologischer und chemischer Hinsicht. *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. III.

[2] Eine Gletscherbacterie. *Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde.* 1888. S. 545.

[3] Ueber die Bacterien des Mainwassers. *Archiv für Hygiene.* 1886. S. 448.

[4] Die Brunnen der Stadt Mülheim am Rhein vom bacteriologischen Standpunkte aus betrachtet. *Ergänzungsheft zum Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege.* Bd. II.

[5] Ueber den Bacteriengehalt des Schnees. *Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde.* Bd. II. Nr. 18.

[6] De la richesse en bactéries des eaux d'essangease. *Revue d'hygiène.* t. VIII. p. 388.

ist, der Stadt zugeführt wird. Der Gehalt des Wassers dieser Brunnen an Mikroorganismen betrug in vier von uns angestellten Versuchen durchschnittlich 30 Bacterien. Ein anderer Versuch wurde mit dem Wasser einer kleinen Quelle gemacht, welche bei Jena aus den sogenannten Teufelsfelsen entspringt. In diesem Wasser fanden sich 105 Bacterien pro Cubikcentimeter. Beide Versuche wurden im Februar bei 0° C. angestellt.

Werden auf den angegebenen Wegen schon beträchtliche Mengen von Bacterien in die Gewässer gebracht, so werden denselben auf andere Weise noch mehr Mikroorganismen zugeführt.

Diese entstammen zum grössten Theil dem Boden. Wenn auch die unteren Erdschichten keimfrei sind, so enthalten doch die oberflächlichen Bodenpartieen grosse Mengen von Bacterien. Adametz[1] fand z. B. an der Oberfläche (Sandboden) 380,000, in 20 bis 25 ^{cm} Tiefe (Sandboden) 400,000 Bacterien in 1 ^{grm} Erde. Reimers[2] fand an der Oberfläche (Jena, Friedhof) 1,890,000, in oberflächlichem Strassenschmutz 432,000 und in 1 ^{m} Tiefe (Ackerland) 81,900 Bacterien pro Cubikcentimeter. Gelangen nun oberflächlich gelegene Bodentheilchen z. B. durch starken Wellenschlag vom Ufer her in die Gewässer, so übertragen sie die in ihnen befindlichen Mikroorganismen in dieselben. Daher ist das Wasser am Ufer eines Sees auch keimreicher, als das der Mitte. Fol und Dunant[3] fanden am Ufer des Genfer Sees im Cubikcentimeter Wasser 150,000, dagegen in der Mitte nur 35 Bacterien pro Cubikcentimeter.

Bei Regenfall dringt nur ein Theil des Wassers in den Erdboden, ein anderer fliesst ab und reisst Erd- und Schmutztheilchen und die diesen anhaftenden Mikroorganismen mit sich und führt sie in die Gewässer. In derselben Weise wirkt das Schmelzwasser des Schnees.

Zu diesen Verunreinigungen der Wässer kommen noch die von den Menschen ausgehenden Verschmutzungen. Schon die Hausabwässer führen eine grosse Anzahl von Bacterien mit sich. Wir prüften das Jenaer Canalwasser und fanden Ende Juli im Cubikcentimeter 2,000,000 Bacterien. Das Jenaer Canalwasser besteht fast ausschliesslich aus Hausabwässern; Fabriken etc. fehlen völlig. Höhere Zahlen weisen Städte auf, in denen die Industrie blüht. Von Wahl[4] sind Untersuchungen über die Essener Abwässer gemacht worden, er weist im Cubikcentimeter Wasser desselben 1,686,000 bis 5,248,000 Bacterien nach. Einen noch höheren Gehalt

---

[1] Untersuchungen über die niederen Pilze der Ackerkrume. *Inaug.-Diss.* 1886.

[2] Der Gehalt des Bodens an Mikroorganismen. *Inaug.-Diss.* Jena 1889.

[3] Fol et Dunant, *Recherches sur le nombre de germes vivants que renferment quelques eaux de Genève.* 1884.

[4] Mittheilungen über bacteriologische Untersuchungen der Essener Abwässer. *Centralblatt für allgem. Gesundheitspflege.* Bonn 1886. Hft. 1.

bringt Bischoff[1] in seinen Untersuchungen des Londoner Canalwassers, dort steigt die Zahl bis auf 7,500,000 Keime im Cubikcentimeter an. Unter den Industriezweigen, welche besonders verunreinigend auf die Gewässer wirken, kommen am meisten die Gerbereien, Brauereien, Zuckerfabriken, grosse Schlachthäuser und Waschanstalten in Betracht.

Hiernach folgt, dass grosse Städte die an ihnen vorüberfliessenden Flüsse stark mit Bacterien verunreinigen. Nach Frank[2] enthielt, um nur zwei Beispiele anzuführen, im Mai 1886 die Spree an der Oberbaumbrücke 2200 Keime, an der Lichtensteinbrücke 255,000 pro Cubikcentimeter; im Juni stieg die Zahl an der Oberbaumbrücke auf 26,000, an der Lichtensteinbrücke auf 1,250,000 im Cubikcentimeter an. Nach Miquel[3] betrug der Gehalt der Seine an Mikroorganismen oberhalb von Paris 300, nach Aufnahme des Canalwassers von Paris 200,000 Bacterien pro Cubikcentimeter. Im Canalwasser zu Clichy fand er 6,000,000 und im Waschwasser der schwimmenden Waschanstalten 26,000,000 Bacterien pro Cubikcentimeter.

Die so in das Wasser gelangten Organismen können sich dann unter dem Einfluss der Wärme und günstiger Ernährungsbedingungen vermehren. Vergleicht man die von verschiedenen Autoren gefundenen Zahlen für den Gehalt der offenen Gewässer, so findet man in einer Reihe von Fällen, dass sich die Anzahl der Bacterien nach der Temperatur der verschiedenen Jahreszeiten richtet. Beispiele dieser Art finden sich in den Untersuchungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes über die Beschaffenheit des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom Juli 1884 bis Juli 1886.

Diese Erscheinung des Ansteigens der Keimzahl mit der steigenden Temperatur der Monate zeigt sich indessen durchaus nicht in allen Fällen; im Gegentheil, relativ häufig findet das Umgekehrte statt, sodass man in den kälteren Jahreszeiten viel Keime, in den wärmeren wenig findet. Beispiele dieser Art sind angeführt bei Frank,[4] Theobald Smith,[5] Plagge und Proskauer.[6] Diese Befunde erklären sich durch andere,

---

[1] *Engeneering.* London 1885.

[2] Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bacteriologischer und chemischer Hinsicht. *Zeitschrift für Hygiene* Bd. III. S. 355.

[3] De la richesse en bactéries des eaux d'essangease. *Revue d'hygiène.* t. VIII. p. 388.

[4] Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bacteriologischer und chemischer Hinsicht. *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. III.

[5] Quantitative Variations in the Germ life of Potomac water during the year 1886. *Medical News.* 1887. April 9. p. 404.

[6] *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. II. S. 401.

man könnte sagen störende Einflüsse. Zu diesen sind zu rechnen starker Regen, Schneeschmelze, heftiger Wellenschlag, Aufwühlen des Schlammes u. s. w.

Der Einfluss der Wärme tritt aber immer dann zu Tage, wenn diese störenden Momente ausgeschaltet sind, wie das z. B. bei besonders zu dem Zweck angestellten Experimenten statt hat. Bei diesen ergiebt sich dann, dass entsprechend der Temperatursteigerung die Zahl der Bacterien wächst. Wir fanden, dass sich in 20 Stunden die Mikroorganismen im Wasser bei einer Temperatur von 12° C. ungefähr um das 5·3 fache, bei einer Temperatur von 10° C. um das 4·8 fache, bei einer Temperatur von 7° C. um das 0·08 fache vermehrten, wie sich aus der nachstehenden Tabelle unserer daraufhin gerichteten Versuche ergiebt:

12° C.		10° C.		7° C.	
Anfangs im Ccm. Keime	Nach 20 Stunden	Anfangs im Ccm. Keime	Nach 20 Stunden	Anfangs im Ccm. Keime	Nach 20 Stunden
3680	9576	16200	70000	5400	5960
2739	6840	7760	87154	4140	4670
975	8122	3640	12340	5000	5347
1553	7340	6739	19460	9640	10000
2442	15872	5941	16340	2030	2460

Ausser der Wärme üben auch die Nährmaterialien auf die Vermehrung der Organismen ihren Einfluss aus. Es ist natürlich, dass im Allgemeinen die unter günstigen Ernährungsbedingungen befindlichen Individuen sich stärker vermehren als diejenigen, denen nur ein schlechtes Nährmaterial zu Gebote steht. Solche Bacterien, die sich auch unter ungünstigen Ernährungsbedingungen in gleicher Weise vermehren, kann man folglich anspruchslose Bacterien nennen; es sind dies die gewöhnlich im Wasser vorkommenden Mikroorganismen. Ihnen gegenüber stehen die anspruchsvollen Bacterien, welche eines guten Nährmaterials bedürfen, wenn ein ausgiebiges Wachsthum erzielt werden soll. Zu den anspruchsvollsten gehören viele pathogene Keime. Bolton[1] zeigte, dass Cholerabacillen sich erst bei Zusatz von 40 Theilen organischer Substanz auf 100,000 Theile Wasser vermehrten. Solche Substanzen, welche auch den anspruchsvolleren unter den Bacterien als Nahrung genügen, führen die oben erwähnten Stadt- und Fabrikabwässer grade mit sich. Die Mikroorganismen, welche hiermit in die Gewässer gespült werden, bringen sich also gewissermassen ihren eigenen Nährboden mit und werden sich

[1] Ueber das Verhalten verschiedener Bacterienarten im Trinkwasser. *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. I.

in demselben vermehren, solange er nicht durch das übrige Flusswasser verdünnt ist. Diese Verdünnung tritt indessen nicht gleich, sondern nach und nach ein, wie man daraus ersehen kann, dass in grössere Ströme einmündende gefärbte Wasser ihre Farbe lange Zeit behalten. Auf die Dauer allerdings bleibt diese Vermischung nicht aus, dadurch wird dann das Nährmaterial verdünnt, also verschlechtert, und es entsteht die Frage, ob sich die Mikroorganismen auch bei diesem schlechteren Nährmaterial weiter vermehren, ob sie sich bei demselben erhalten können oder ob sie in Folge der ungenügenden Ernährung absterben.

Die Vermehrungsfähigkeit der Mikroorganismen im Wasser ist keine unbegrenzte, nach einiger Zeit tritt ein Stillstand der Bacterienentwickelung ein, welcher bald die Abnahme folgt. Beispiele dieser Art sind unter Anderen von Cramer,[1] Roth[2] und Leone[3] angeführt.

Diese Verminderung kann auf verschiedenen Ursachen beruhen. Als erste nennen wir die Veränderung des Nährmaterials, in diesem Falle also des Wassers. Zunächst werden nicht selten Industrieabwässer den Gewässern zugeführt, welche eine stark alkalische oder deutlich saure Reaction haben. In solchen Flüssigkeiten werden zuerst die Bacterien ihrer Proliferationsfähigkeit beraubt, um dann allmählich selbst abzusterben. Die kräftigeren Individuen halten sich hierbei noch eine Zeit lang am Leben, die schwächeren gehen sehr bald zu Grunde.

Sodann wird das Nährmaterial, mit welchem die Bacterien in die Flüsse gespült werden, verdünnt. Diese Verdünnung wird ihren Einfluss in der Weise ausüben, dass die Vermehrung einer Anzahl anspruchsvoller Arten gehemmt wird oder auch ganz aufhört. Die anspruchslosen Arten indessen vermögen auch unter diesen Verhältnissen im Wasser weiter zu leben, wie vor Allem aus den schönen Versuchen von Meade Bolton[4] folgt.

Ein anderer Factor, welcher die Verminderung der Bacterien stark beeinflusst, ist die Erniedrigung der Temperatur. Oben ist an einigen Beispielen gezeigt worden, dass die Vermehrung der Organismen in niedriger Temperatur langsam geschieht, fällt letztere noch mehr, so hört die Vermehrung ganz auf. Hierbei kann aber die Lebensfähigkeit der schon vorhandenen Individuen noch mehr oder minder lange Zeit erhalten bleiben. Ein einmaliges

[1] Die Wasserversorgung von Zürich u. s. w. *Bericht der „Erweiterten Wassercommission" an den Stadtrath von Zürich.*

[2] Bacteriologische Trinkwasseruntersuchungen. *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin.* 1885. Bd. XLIII.

[3] Untersuchungen über die Mikroorganismen des Trinkwassers und ihr Verhalten in kohlensauren Wässern. *Archiv für Hygiene.* 1886 Bd. IV.

[4] Ueber das Verhalten verschiedener Bacterienarten im Trinkwasser. *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. I.

Gefrieren des Wassers tödtet eine Anzahl Keime, mehrmaliges Gefrieren und Wiederaufthauen hat das Absterben des grösseren Theiles der Bacterien zur Folge, wie die Versuche von Fränkel,[1] von Prudden[2] und von Bordoni-Uffreduzzi[3] beweisen. Wollten wir auch annehmen, dass eine sehr grosse Zahl der anspruchslosen „Wasserbacterien" durch die Schädigungen, die der Winter bringt, zu Grunde gehen, so würde dieser Factor doch die starke Verminderung der Bacterien, die auch im Sommer in grossen Wassermassen statt hat, nicht erklären.

Diese Verminderung ist aber nach Frank's Beobachtung bedeutend, die Zahl der Keime sank im Mittel von 190,000 am Anfang des 1·5 Meilen langen Havelsees auf im Mittel 9200 Bacterien im Cubikcentimeter Wasser am Ende desselben. Es müssen für die Erscheinung dieser Verminderung noch andere Gründe angenommen werden, als die vorher besprochenen.

Möglicher Weise hat auch das directe Sonnenlicht eine ungünstige Einwirkung auf die in dem Wasser befindlichen Mikroorganismen, indessen ist dieser Einfluss gering. Viel wichtiger ist das Sedimentiren der Mikroorganismen. Es sind bis jetzt wenig Untersuchungen über das Niedersinken der Mikroorganismen in grossen Wassermassen bekannt geworden, von diesen liegen uns diejenigen vor, welche Fol und Dunant[4] mit dem Wasser des Genfer Sees und Cramer[5] mit dem des Züricher Sees angestellt haben. Aus ihren Zahlen kann aber auf ein Niedersinken der Bacterien nicht geschlossen werden. Und doch muss man bei Betrachtung des oben angeführten Beispieles, welches den Havelsee betrifft, zugeben, dass die Sedimentirung der Organismen bei dieser Selbstreinigung des Wassers eine Rolle spielen muss. Diese Behauptung wird unterstützt durch Versuche, welche zur Erforschung dieser Vorgänge mit Wasser in ruhig stehenden Gefässen ausgeführt worden sind. Bolton liess hohe Gefässe mit nicht sterilisirtem Wasser bei niedriger Temperatur stehen und entnahm dann Wasserproben von der Oberfläche und vom Boden der Gefässe. Es zeigte sich, dass in drei Fällen der Gehalt an Bacterien am Boden grösser war, als an der Oberfläche, dass einmal die Zahlen gleich waren und einmal der Gehalt der Oberfläche an Mikro-

[1] Ueber den Bacteriengehalt des Eises. *Zeitschrift für Hygiene.* Bd. I.

[2] On Bacteria in ice and their relation to desease with special reference to the ice supply of New York. *Med. Record.* 26. März 1887. p. 341.

[3] Die biologische Untersuchung des Eises in seiner Beziehung zur öffentlichen Gesundheitspflege. *Centralblatt für Bacteriologie und Parasitenkunde.* I. Jahrgang. 1887. Bd. II. Nr. 17. S. 489.

[4] Fol et Dunant, *Recherches sur le nombre des germes vivants que renferment quelques eaux de Genève.* 1884.

[5] Die Wasserversorgung von Zürich u. s. w. *Bericht der „Erweiterten Wassercommission" an den Stadtrath von Zürich.*

organismen den des Bodens übertraf. Auch in den Versuchen von Gärtner[1] und von Heräus[2] wurde ein gleichmässiges Resultat nicht erzielt. Hüppe[3] aber bringt folgenden Beweis für die Sedimentirung: Er liess Leitungswasser, welches 16 Bacterien im Cubikcentimeter enthielt, zwei Monate bei 10° C. stehen und fand nach dieser Zeit oben 11,280 und unten 123,750 Mikroorganismen im Cubikcentimeter; ebenso behandeltes Brunnenwasser mit einem Anfangsgehalt von 560 Bacterien enthielt nach zwei Monaten oben 41,670 und unten 130,000 Bacterien im Cubikcentimeter. Wenn also in Gefässen bei längerem ruhigen Stehen eine Sedimentirung der Mikroorganismen ohne Zweifel in manchen Fällen stattfindet, so muss dieser Vorgang auch in ruhigen, nicht zu schnell fliessenden Gewässern eintreten, wenn nicht äussere Einflüsse, wie Wind und Wetter, störend einwirken.

Gärtner führt in seiner grösseren Arbeit über die Bacterien des Wassers das Sedimentiren auf folgende vier Momente zurück:

1. Auf das Niedersinken von bewegungslosen Mikroben oder von Dauerformen beweglicher Bacterien.

2. Auf spontanes Niedergehen der Bacterien mit Stoffen, welche Nahrungscentren bilden.

3. Auf das mechanische Mitgerissenwerden der Mikroorganismen durch Sinkstoffe.

4. Auf das Absterben derjenigen Bacterien, welche nicht zu den anspruchslosen Arten, zu den sogenannten Wasserbacterien gehören.

Indem wir in dem Nachstehenden zur Begründung der soeben aufgeführten vier Möglichkeiten für die Sedimentirung den Ausführungen Gärtner's folgen, wollen wir zunächst bemerken, dass wir den vierten Punkt schon auf den vorhergehenden Seiten erwähnt haben.

Das Niedersinken von bewegungslosen Bacterien oder von Dauerformen ist deshalb anzunehmen, weil das specifische Gewicht der Organismen höher ist als das des Wassers. Da aber die Gewichtsdifferenz nur eine geringe sein dürfte, so wird dieses Niedersinken im Wasser längere Zeit beanspruchen, und wird sich sowohl nach dem specifischen Gewicht der Organismen, als auch nach dem specifischen Gewicht des Wassers richten müssen, welches bekanntlich nicht in allen Fällen gleich ist.

---

[1] *Die chemische und mikroskopisch-bacteriologische Untersuchung des Wassers.*

[2] *Ueber das Verhalten der Bacterien im Brunnenwasser, sowie über reducirende und oxydirende Eigenschaften der Bacterien.*

[3] Die hygienische Beurteilung des Trinkwassers vom biologischen Standpunkt. Schilling's *Journal.*

Abgestorbene organische und anorganische Theile sinken im Wasser zu Boden, wenn nicht Gasbläschen sie daran hindern. Dieser Vorgang wird in verschiedener Richtung auf die Mikroorganismen im freien Wasser einwirken. Enthalten die niedersinkenden Partikel organische Stoffe, so sind sie Nährmaterial für die Bacterien. Beim Niedersinken dieser Theilchen werden bewegliche Bacterien denselben folgen, da sie an den niedergehenden Stoffen „Nahrungscentren" haben; unbewegliche Mikroben werden mitgerissen oder bleiben, wie auch ein Theil der beweglichen Bacterien, in dem von der Nahrung entblössten Theil des Wassers zurück. Gehören die zurückbleibenden Keime zu den anspruchslosen Arten, so werden sie unter diesen Verhältnissen weiter leben, sind es aber anspruchsvolle Bacterien, so werden sie in kurzer Zeit absterben.

Seien die niedersinkenden Stoffe anorganischer oder organischer Natur, sie werden einen Theil der Bacterien mechanisch mit sich reissen und so auf die einfachste Weise das Wasser von einem mehr oder minder grossen Theil der darin enthaltenen Bacterien befreien. Bei diesem Vorgange ist es von Belang, ob die niedersinkenden Stoffe schon fertig in das Wasser gelangen, oder ob sie erst in demselben entstehen. Durch Entweichen von Kohlensäure aus den Bicarbonaten des Calcium, Magnesium u. s. w. entstehen Carbonate, Niederschläge, welche die Bacterien in sich einschliessen und in die Tiefe führen. Auf die klärende Wirkung dieser Niederschläge, welche schon vielfach bei den Klärvorrichtungen der Stadtabwässer in Anwendung gezogen ist, brauchen wir hier nicht näher einzugehen. Anders werden fertige unlösliche Substanzen, welche niedersinken, wirken, sie können die Mikroorganismen nicht einschliessen, beeinflussen sie aber dadurch, dass sie die Bacterien zu Boden drücken, indem sie dieselben vor sich hertreiben, oder dass sie als relativ grosse Partikel die Mikroorganismen an sich ziehen. In beiden Fällen ist ein Entrinnen für die kleinsten Lebewesen schwierig. Sind sie im ersten Falle glücklich dem sie in die Tiefe drängenden Klümpchen entwischt, so gerathen sie bei der Fülle derselben gleich unter ein anderes, und so geht es fort, bis sie unten angekommen sind. Aehnlich verhält es sich im zweiten Falle. Sind einige Bacterien der Attractionssphäre eines grösseren Körpers entrückt, so naht sich ihnen sofort die eines anderen, geht auch diese ohne Wirkung bei ihnen vorüber, so verfallen sie doch allmählich den stetig nachfolgenden.

Beide Vorgänge sind schwer von einander zu trennen, auch wird es schwierig sein, durch Experimente festzustellen, welcher von beiden der dominirende ist. Neuerdings sind von Brödtler[1] Versuche angestellt

[1] Zur Biologie der entwickelungsfähigen Keime im Grundwasser. *Inaug.-Diss.* Berlin 1888.

worden, welche möglicher Weise geeignet sind, einiges Licht in das Dunkel dieser Processe zu bringen. Brödtler hing Deckgläschen in keimhaltiges Wasser hinein und zeigte, dass umsomehr Bacterien auf den Deckgläschen vorhanden waren, je länger dieselben im Wasser gehangen hatten. Es ist wahrscheinlich, dass die Bacterien, dem Gesetze der Attraction folgend, sich auf den Gläschen ablagerten, es ist aber auch möglich, dass sie sich freiwillig an den Glasflächen festsetzten, weil sie dort bessere Lebensbedingungen fanden. Abgesehen von diesen Experimenten, die vielleicht eine Erklärung für das mechanische Niedergerissenwerden der Bacterien mit der Zeit geben, sind, soweit uns bekannt, bis auf die nachstehenden Versuche von Percy Frankland[1] nach dieser Richtung hin Untersuchungen nicht angestellt. Frankland schüttelte bacterienreiches Wasser stark mit fein vertheilten Stoffen, liess es einige Zeit stehen und untersuchte dann die geklärte Flüssigkeit auf ihren Gehalt an Mikroorganismen. Hierbei fand sich, dass in vielen Fällen die geschüttelte und wieder geklärte Flüssigkeit weniger Bacterien enthielt, als sie vorher enthalten hatte. Frankland hat aber hierbei anscheinend auf den eventuell verschiedenen Gehalt der einzelnen Flüssigkeitsschichten und des Schlammes am Boden einen besonderen Werth nicht gelegt. Auch hat derselbe eine relativ grosse Menge von Material im Verhältniss zum Wasser verwendet, sodass seine Versuche, da die Materialmengen sich von den bei der Klärung von Abwässern gebräuchlichen zu sehr entfernen, keinen grossen praktischen Werth beanspruchen können.

Durch die vorstehend verzeichneten Forscher ist allerdings gezeigt, dass der Attraction ein nicht unbedeutender Effect an dem Verschwinden der Bacterien aus dem Wasser zukommt, jedoch ist die Versuchsanordnung von Brödtler und von Frankland nicht derartig, dass die von ihnen erhaltenen Resultate ohne Weiteres auf die Sedimentirung der Bacterien im freien Wasser übertragbar wären. Wir haben uns daher die Aufgabe gestellt, zu versuchen, diese Lücke auszufüllen, nachzuweisen, welchen Antheil das grob mechanische Niedergerissenwerden von Bacterien im Wasser durch solche Sinkstoffe hat, welche weder selbst Nahrungscentren sind, noch das Wasser chemisch verändern.

Zu den Versuchen wurden grosse, cylindrische Glasgefässe benutzt, deren Durchmesser 21 ^{cm}, deren Höhe 57 ^{cm} betrug, die also einen Inhalt von 20 Liter hatten. Man verwendet am besten Glasgefässe, sowohl um leicht und sicher beurtheilen zu können, wie schnell oder wie langsam die durch das hineingeschüttete Material getrübte Flüssigkeit sich wieder

---

[1] *New aspect of filtration and other methods of water treatment: the gelatine process of water examination.*

aufhellt; als auch um eine peinliche Sauberkeit, worauf wir bei den Versuchen grosses Gewicht legen mussten, gewährleistet zu haben. Die Höhe von 57 cm war nothwendig, um die Senkungsverhältnisse genau beobachten zu können, während ein Durchmesser von 21 cm für erforderlich erachtet wurde, weil durch grosse Weite des Gefässes die Attraction an die Wandungen am geringsten ausfällt. Die Anziehung wird auch bei diesen weiten Gläsern zur Geltung kommen, aber natürlich nicht so stark als bei engen Röhren, da die Attraction im Verhältniss des Quadrates der Entfernung abnimmt.

Die Gefässe standen im Keller des hygienischen Instituts zu Jena, welcher seine Temperatur nur wenig änderte. So waren im Sommer in demselben nur 10 bis 13° C., im Winter schwankte die Temperatur zwischen 6 und 10° C. Es musste für den Standort der Gefässe ein Local von niedriger Temperatur ausgewählt werden, um so viel als möglich die Vermehrung der Mikroorganismen im Wasser zu beschränken. Das Thermometer hing in freier Luft dicht über den Gefässen.

Um möglichst fehlerlos zu arbeiten, war die sorgfältige Reinigung der Versuchsgefässe von Wichtigkeit. Zuerst entleerten wir die gebrauchten Gefässe vollständig, gossen frisches Wasser hinein, welches auch wieder nach kräftigem Umschwenken entfernt wurde, dann wischten wir Wände und Boden energisch ab, wozu wir öfter erneuertes Wasser benutzten. Zuletzt kamen die Gefässe wieder auf ihren alten Standort, wurden mit Wasser gefüllt und mit Pappdeckeln zugedeckt. Einen festeren Verschluss brauchten wir nicht anzuwenden, da der Keller ausser zu diesem Versuchszwecke nicht betreten wurde, also Staub- und Luftbewegung gering war.

In zwei resp. einem Gefässe wurden Versuche angestellt, während das andere als Controlgefäss diente, jedes wurde mit Wasser von derselben Beschaffenheit gefüllt.

Das Wasser entnahmen wir der Hauswasserleitung des hygienischen Instituts zu Jena und zwar dem Zapfhahn im Keller, nachdem das Wasser vorher fünf Minuten ablaufen gelassen war. Seine Beschaffenheit, was Härte, Reaction und Gehalt an Mikroorganismen betrifft, war während der Zeit unserer Versuche durchschnittlich die gleiche. Die Härte, auf die wir weiter unten noch ausführlicher zu sprechen kommen, war gross und schwankte nur wenig. Die Reaction war meistens neutral, in seltenen Fällen, wenn auch die Härte des Wassers stieg, war sie nur ganz andeutungsweise alkalisch. Der Gehalt an Mikroorganismen war im Ganzen gering, wir fanden bei wiederholten Prüfungen 20 bis 40 Bacterien im Cubikcentimeter Wasser. Die Temperatur des frisch austretenden Leitungswassers war meistens der des Kellers gleich, wich sie einmal in geringem

Grade ab, so hatte das Wasser doch während des Stehens in den Gefässen, ehe es zu den Versuchen gebraucht wurde, die Temperatur des Kellers angenommen, wie jedesmal constatirt wurde.

Als Versuchs-Mikroorganismus wählten wir eine Bacterienart, die wir im Leitungswasser selbst fanden, und die sich auf den mit diesem Wasser angesetzten Culturen am zahlreichsten und kräftigsten entwickelte. Es war dies ein kurzer, dicker, bewegungsloser Bacillus, welcher in porcellanweissen Colonieen auf der Gelatine gut wuchs und welchen Gentianaviolett deutlich färbte. Von diesem Organismus setzten wir folgendermassen eine Wassercultur an: Wir nahmen eine beliebige Menge Leitungswasser, kochten dieselbe auf, liessen abkühlen und brachten dann eine der oben bezeichneten Colonieen mittelst sterilisirten Platindrahtes hinein. Die so präparirte Flasche liessen wir 24 Stunden auf dem Brütofen stehen, um durch die Einwirkung mittlerer Wärmegrade eine ausgiebige Vermehrung der Bacterien zu erzielen. Am anderen Tage wurden von diesem Wasser Präparate angefertigt und Culturen hergestellt; die letzteren zeigten unzählige Colonieen des betreffenden Mikroorganismus. Zum Beginn der einzelnen Versuche entnahmen wir für jedes Wassergefäss dieselbe Menge Wasser aus unserer Wassercultur, z. B. 50 oder 100 oder 120 ^{ccm} in einem sterilisirten Erlenmeyer'schen Kölbchen und gossen diese Menge 24 Stunden vor Zusatz der niedersenkenden Substanz in die grossen, mit Leitungswasser gefüllten Gefässe. Die Mündung der die Cultur enthaltenden Kolben wurde vor dem Umgiessen in einer Gasflamme sterilisirt.

An die sich niedersenkenden Substanzen mussten wir verschiedene Anforderungen stellen. Es war von vornherein nicht unwahrscheinlich, dass dasjenige Material, welches das niedrigste specifische Gewicht aufwies, von grösserer Wirkung sein würde als schweres. Aus diesem Grunde mussten Stoffe beiderlei Art zum Versuch herangezogen werden. Die gewählten Substanzen mussten nothwendiger Weise als ein feines Pulver zur Verwendung kommen. Grössere Stücke wurden im Mörser zerkleinert und dann durch ein feines Sieb, bei dem auf 1 ^{qcm} 900 Löcher kamen, geschlagen. Direct vor dem Gebrauch wurde das feine Pulver in einem Sterilisationsofen 3 Stunden lang auf 170 ^{0} erhitzt gehalten. Um die Keimfreiheit des so behandelten Materials nachzuweisen, schütteten wir zu 500 ^{grm} sterilisirten Wassers 1 ^{grm} des Pulvers. Diese Mischung stand während der ganzen Zeit eines Versuches neben den Gefässen im Keller. Sollte der Versuch abgeschlossen werden, so wurden einige Cubikcentimeter der geschüttelten Mischung mit Nährgelatine gemischt und davon Culturplatten hergestellt, deren Sterilität natürlich auch die des beim Versuch benutzten Materiales ergab.

An und für sich wurden nur Materialien in Anwendung gezogen,

von welchen bereits bekannt war, dass sie sich entweder gar nicht oder nur in minimaler Menge im Wasser lösen. Um aber sicher zu gehen, dass nicht etwa Verunreinigungen in dem verwendeten Material sich geltend machten, wurden, da diese Verunreinigungen hauptsächlich in kohlensauren oder schwefelsauren Erden bestehen mussten, Härtebestimmungen nach der Methode von Boutron und Boudet gemacht. Bei einigen Proben, welche zu Ende eines Versuches geschöpft waren, zeigte es sich, dass die Härte abgenommen hatte. Entsprechende Controlen mit Jenaer Leitungswasser, welches in mit Watte verstöpselten Flaschen gestanden hatte, ergaben dann dasselbe Resultat. Es war somit die Härteabnahme bedingt durch das Ausfallen von kohlensauren Verbindungen in Folge des Entweichens von freier Kohlensäure. Die Reaction sowohl des Leitungs- als auch des mit dem Material vermischten Wassers wurde mit empfindlichem Lackmuspapier genau und zwar zu den verschiedensten Zeiten des Versuches geprüft.

Meist 24 Stunden nach Zusatz der Cultur zum Wasser entnahmen wir nach tüchtigem Umrühren aus beiden Gefässen Proben und setzten von diesen eine oder mehrere Plattenculturen mit genau bestimmten Mengen Wassers an. Sofort nach der Entnahme wurde in das Versuchsgefäss eine vorher abgewogene Menge des fein gepulverten, sterilisirten Materials unter Umrühren mit einem langen sterilisirten Glasstabe geschüttet. Beide Gefässe blieben darauf eine Anzahl von Stunden bis zur Entnahme neuer Proben ruhig stehen. Wir bestrebten uns hierbei, eine möglichst gleichmässige Stundenzahl einzuhalten, um den Effect der einzelnen Substanzen besser beurtheilen zu können, mussten aber hier und da äusserer Umstände wegen von dieser Regel abweichen. Die Proben wurden mit langen Pipetten aus den oberflächlichen, den mittleren Schichten und vom Boden des Gefässes gehoben. Zu jeder einzelnen Entnahme benutzten wir eine frisch sterilisirte Pipette. Die Pipetten und Aufnahmegefässe der Proben wurden kurz vor Entnahme derselben sterilisirt.

Zur Anfertigung der Culturen diente die allgemein übliche Fleischpeptongelatine. Von jeder Probe setzten wir mehrere Culturen an, indem wir zu der flüssigen Gelatine $^1/_2$, $^1/_{10}$ und $^1/_{20}$ ^{ccm} Wasser hinzufügten. Die so mit dem Wasser geimpfte Gelatine wurden auf Glasplatten gegossen und der erkaltenden Gelatine eine möglichst rechtwinklige Form gegeben, um später die Colonieen genauer zählen bezw. berechnen zu können. Die Aufbewahrung der Culturen in den feuchten Kammern war im Winter eine leichte, während dieser Zeit standen sie in einem Schrank unseres Arbeitszimmers, in dem die Temperatur zwischen 13 und 20° C. schwankte, wie mittelst eines Thermometrographen aufgezeichnete Curven



ergaben. Im Sommer dagegen war die Aufbewahrung der Culturen schwieriger. Wir benutzten in dieser Jahreszeit als Aufbewahrungsort einen zweiten, höher gelegenen Keller als derjenige war, in welchem unsere Versuchsgefässe standen. Da in diesem zweiten Keller anfänglich Verunreinigungen der Culturen besonders durch Schimmelpilze eintraten, so schütteten wir in die untere grössere Schale der feuchten Kammer so viel Wasser, dass die eingesetzte obere Glasglocke in dasselbe eintauchte. Auf diese Weise wurde die Kellerluft von der unter der Glocke befindlichen Luft vollständig abgeschlossen. Im Keller durfte man natürlich die Culturen nicht revidiren, denn sonst wäre der Zweck der Einrichtung verfehlt gewesen. Auch musste man beim Herausnehmen der oberen Glocke vorsichtig sein, damit die Culturen nicht durch aufspritzende Wassertropfen verunreinigt wurden. Die oben beschriebene Einrichtung bewährte sich auf das Vorzüglichste, denn es wurden so selten Schimmelpilze gefunden, dass wir annehmen mussten, diese seien in dem Wasser bezw. in der Glocke vorhanden gewesen. Im Sommer konnten die Colonieen, meistens schon nach drei Tagen gezählt werden, da der benutzte Mikroorganismus rasch wächst. Im Winter warteten wir mit dem Zählen bis zum fünften bis achten Tage. Das Zählen geschah vermittelst der Lupe und der Zählplatte. Auf die Art und Weise des Zählens näher einzugehen, ist nicht nothwendig, nur das sei bemerkt, dass wir nach dem Zählen die Culturen noch stehen liessen, um besonders diejenigen Platten, auf welchen sich wenig Keime entwickelt hatten, einer abermaligen Prüfung zu unterwerfen. Die für die einzelnen Mengen Wassers gefundenen Zahlen wurden für 1 ^{ccm} umgerechnet und aus der Summe der einzelnen Resultate das Mittel gezogen. Erhebliche Differenzen zwischen den Zahlen der Bacterien der entsprechenden Gelatineplatten kamen nicht vor.

Da es uns nur darauf ankam, den Unterschied zwischen der Anzahl der Bacterien, ganz abgesehen von der Art, am Boden, in der Mitte und an der Oberfläche der Gefässe nach der beschriebenen Behandlung des Wassers zu zeigen, so war es nicht gerade nothwendig, mit einer Reincultur zu arbeiten. Nichts desto weniger haben wir stets darauf geachtet, vorwiegend einen Bacillus im Wasser zu haben, weil so die Controle über das Niedersinken eine leichtere war und andererseits, sofern ein unbeweglicher Mikroorganismus gewählt wurde, der störende Einfluss der Beweglichkeit desselben ausgeschlossen blieb. Der fragliche Bacillus musste im Wasser sich einige Zeit zu halten vermögen, auf Gelatine gut wachsen und charakteristische Colonieen bilden. Einen derartigen Organismus fanden wir in dem vorher beschriebenen, im Jenaer Leitungswasser am häufigsten vorkommenden Bacillus. Die Wahl dieses Organismus hatte noch den besonderen Vortheil, dass es nun nicht nothwendig war, die für

jeden Versuch zur Verwendung kommenden 40 bis 60 Liter Leitungswasser zu sterilisiren, da unter den mit dem Leitungswasser eingeführten Bacterien unser Bacillus derartig überwiegend war, dass die übrigen nicht in Betracht kamen.

Nachdem wir das, was für alle Versuche in Betracht kommt, angeführt haben, wenden wir uns den einzelnen Versuchen zu und geben dieselben ungefähr in der Reihenfolge, in welcher wir sie angefertigt haben.

Thon.

Gewöhnlicher Töpferthon wurde getrocknet, fein zerstossen und gesiebt, sodann mehrere Stunden einer Temperatur von 180° C. ausgesetzt, darauf mit sterilisirtem Wasser zu dünnem Brei eingerührt und in die Gefässe gegeben. Das Material war steril. Mit demselben wurden sowohl im Sommer als auch im Winter Versuche unternommen, die ungefähr denselben Erfolg lieferten. Die Härte des Wassers wurde durch den Zusatz nicht verändert, die Reaction blieb neutral. Der erste im Mai bei einer Keller- und Wassertemperatur von 8·5° C. angestellte Versuch ergab ungefähr folgendes Resultat:

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	9394 Bact. pro Cubikcm.			8517 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			1·0 ^{grm} auf ein Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 17 stündigem Stehen:	15130	12470	17320	979	967	59370

Der im December bei einer Keller- und Wassertemperatur von 7° C. angesetzte Versuch brachte ähnliche Zahlen zur Anschauung:

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5400 Bact. pro Ccm.			5101 Bact. pro Ccm.			4940 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 ^{grm} auf ein Liter			2·0 ^{grm} auf ein Liter		
Ort d. Entnahme	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	5340	6110	5180	575	887	33495	365	677	43630
„ 20 „ „	5960	6710	6210	521	155	43595	121	53	150320
„ 50 „ „	7230	5987	6924	6933	6190	66350	3944	4184	171460

Bei diesen Versuchen waren die Gefässe nach Zusatz des Thones stark trübe, nach 12 Stunden fand sich nur noch eine leichte Trübung. Die Wände dieser Gefässe waren mit einer feinen Thonschicht überzogen.

Calciumcarbonat.

Der erste der beiden Versuche ist mit Schlemmkreide, wie sie die Anstreicher benutzen, gemacht worden. Eine Sterilisation des Materials und die Untersuchung, ob es die chemische Beschaffenheit des Wassers verändere, ist bis auf die Prüfung der Reaction, die sich immer als neutral ergab, nicht ausgeführt worden. Die Schlemmkreide enthielt, wie eine Probe ergab, im Cubikcentimenter mehrere Tausend Keime. Die Temperatur des Wassers bezw. Kellers war 11° C. Die Ausführung des Versuches fällt in den Juli.

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	6500 Bact. pro Cubikcm.			6920 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·75 grm auf ein Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 4 stündigem Stehen	6984	8454	7120	2796	1366	7120
„ 24 „ „	8224	7440	7760	3450	4780	7760
„ 48 „ „	9870	8470	11880	8140	12280	11880
„ 102 „ „	13672	11870	26290	45290	20220	26290

Die zweite Versuchsreihe, welche die erste ergänzen sollte, wurde im Monat November mit fein gestossener und gesiebter Stückenkreide angestellt. Das durch mehrere Stunden auf 160° C. erhitzte Material behielt seine chemische Beschaffenheit bei, während sämmtliche Bacterien durch die Temperaturerhöhung abgetödtet wurden. Die Härte und Reaction des Wassers, welchem die Kreide zugesetzt war, blieb der des Wassers im Controlgefäss gleich. Die Temperatur des Kellers betrug Anfangs 8° C., zum Schluss 10° C.

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	7432 Bact. pro Ccm.			6108 Bact. pro Ccm.			13650 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	6940	8440	6220	628	1590	9480	1050	1460	275600
„ 20 „ „	8796	7970	9140	700	691	231020	807	570	887020
„ 50 „ „	11735	10825	12354	23185	10650	81070	5325	4090	346680

Versuchsgefäss I, welches nach Zusatz des Materials anfänglich sehr trübe war, zeigte 19 Stunden später unten nur noch eine ganz leichte Trübung, sonst war der übrige Theil der Flüssigkeit klar. Bei Versuchsgefäss II trat dieser Zustand erst nach 26 Stunden ein.

Kieselguhr.

Im Mörser gestossene und sterilisirte Kieselguhr wurde in zwei Versuchsreihen dem Wasser zugesetzt. Die Härte des Wassers im Versuchsgefäss war während der Dauer des Versuches gleich der des Wassers im Controlgefäss. Die Reaction war immer neutral. Auch hier wurde eine Versuchsreihe im Juli vorgenommen bei einer Wasser- bezw. Kellertemperatur von 10 bis 13° C. Das Material übte folgende Wirkung auf die Mikroorganismen aus:

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	1537 Bact. pro Cubikcm.			3336 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 6stündigem Stehen	1690	1950	1966	691	655	41040
„ 29 „ „	3260	7252	3626	2241	2160	42296

Im November wurde der Versuch wiederholt mit fein gesiebter Kieselguhr anstatt des vorher verwendeten nur gestossenen Materials. Die Wasser- bez. Kellertemperatur betrug 6 bis 9° C. (S. Tab. II, S. 22 oben.)

Versuchsgefäss I war nach Zusatz der Kieselguhr vollständig trübe, nach 20 Stunden zeigte es noch eine allgemeine schwache Trübung; dasselbe ist für Versuchsgefäss II nach 30 Stunden zu bemerken.

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	6030 Bact. pro Ccm.			6450 Bact. pro Ccm.			6840 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	6170	6648	6510	584	805	25332	939	572	23415
„ 20 „ „	6252	7148	6774	420	454	26910	190	499	29840
„ 50 „ „	10431	11644	10873	404	260	28471	254	190	32220

Aluminiumoxyd.

Mit Aluminiumoxyd wurden ebenfalls zwei Versuche unternommen. Das Material wurde steril und fein gesiebt verwendet. Es übte auf die chemische Beschaffenheit des Wassers keinen Einfluss aus; die Reaction erwies sich in allen Fällen als neutral. Der erste Versuch fand bei einer Keller- resp. Wassertemperatur von 12° C. im Juli statt. Die Veränderung, welche das Material auf die Anordnung der Bacterien ausübte, war folgende:

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	990 Bact. pro Cubikcm.			1224 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 18stündigem Stehen	1613	1304	1905	257	379	13226

Das Resultat des im December bei Keller- resp. Wassertemperatur von 9° C. angestellten Versuchs zeigt die Tabelle:

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5179 Bact. pro Cm.			4598 Bact. pro Ccm.			5234 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			1·5 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	5729	5116	5356	970	820	35622	488	640	32689
„ 20 „ „	5981	6123	5849	860	720	37125	313	282	44720
„ 50 „ „	6014	7433	6630	670	1440	33057	248	260	47010

Versuchsgefäss I, welches nach Zusatz des Materials stark trübe war, zeigte nach 20 Stunden eine ganz leichte Trübung; dasselbe war bei Versuchsgefäss II nach 30 Stunden noch der Fall.

Ziegelmehl.

Das Material zu diesem Versuche wurde von einem sogenannten Rathenower Mauerstein gewonnen. Derselbe wurde zerklopft, einige Stücke davon im Mörser zerrieben und das entstandene Pulver durch das vorher beschriebene Sieb getrieben. Die Masse wurde steril gemacht durch Einwirkung einer Hitze von 170° C. mehrere Stunden hindurch. Auf die Härte und Reaction des Wassers übte das Material keinen Einfluss aus, letztere war neutral. Die Versuchsreihe wurde bei einer Keller- resp. Wassertemperatur von 7° C. im December gemacht. Es konnten folgende Zahlen notirt werden:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5000 Bact. pro Ccm.			4740 Bact. pro Ccm.			4460 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	5610	4823	4764	475	575	21080	240	375	36070
„ 20 „ „	6743	5210	5347	372	353	128280	72	43	198360
„ 50 „ „	5984	6991	7200	2670	2860	242680	1673	1945	236420

Versuchsgefäss I, welches nach Zusatz des Materials stark trübe war, war nach $2^1/_2$ Stunden klar; bei Versuchsgefäss II war nach $7^1/_2$ Stunden noch ein leichter, trüber Schimmer zu sehen, die Flüssigkeit wurde dann bald klar.

Holzkohle.

Die gestossene und fein gesiebte Holzkohle wurde steril den Versuchsgefässen zugesetzt. Die Prüfung auf Härte und Reaction des Wassers der beschickten Gefässe ergab während des Versuchs Gleichheit desselben mit dem Wasser in dem Controlgefäss. Im Juni wurde bei einer Temperatur von 10° C. ein Versuch mit diesem Material unternommen, dessen Resultat lautet:

I.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	2896 Bact. pro Cubikcm.			2700 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			1·0 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 24stündigem Stehen	17539	19427	19430	224	226	36700

Diesem Versuch schloss sich im Winter eine Versuchsreihe an, bei der die Keller- resp. Wassertemperatur nur 7° C. betrug:

II.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5720 Bact. pro Ccm.			4892 Bact. pro Ccm.			6023 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	6134	4919	5064	890	1002	38720	719	934	50940
„ 20 „ „	7640	6134	5030	320	230	105630	180	190	235610
„ 50 „ „	7851	8915	7434	538	670	107840	481	530	240400

Versuchsgefäss I, welches nach Zusatz des Materials stark getrübt war, zeigte nach 20 Stunden noch leichte Trübung; Versuchsgefäss II hatte dieselbe noch nach 30 Stunden.

Coaks.

Das pulverisirte und fein gesiebte Material wurde längere Zeit geglüht, so dass es steril war. Die Härte und Reaction des Wassers wurde durch das in das Wasser hineingeschüttete Material nicht verändert. Als im December die Versuche angestellt wurden, hatte die Kellerluft bez. das Wasser in den Gefässen eine Temperatur von 7° C. Die Wirkung des Materials zeigte sich als die folgende:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	7119 Bact. pro Ccm.			6548 Bact. pro Ccm.			7069 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 1 std. Stehen	7184	6870	6934	5374	4835	6719	6274	6375	7140
„ 6 „ „	6984	7230	6952	3788	3675	8760	3133	3660	14907

Nach $^1/_2$ Stunde war in beiden Versuchsgefässen die Flüssigkeit klar, sie wies nur einen grünlich schwarzen Schimmer auf.

Sand.

In diesem Versuche wurde trockner weisser Sand fein gesiebt und bei 170° C. sterilisirt. Auf die Härte und Reaction des Wassers war der Sand einflusslos. Bei einer Keller- resp. Wassertemperatur von 7° C. wurde der Versuch im December angesetzt. Er gab folgende Zahlen:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	5180 Bact. pro Ccm.			5616 Bact. pro Ccm.			5279 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			2·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 1 std. Stehen	5276	4993	6040	4848	4684	5066	3234	4998	6118
„ 6 „ „	5047	5150	6101	3784	4315	6988	2122	2045	9336

Nach 3 bez. 7 Minuten waren sämmtliche Sandpartikelchen in den beiden Versuchsgefässen zu Boden gefallen.

Fassen wir die Resultate vorstehender Versuche zusammen, so ergiebt sich ungefähr folgendes: Die Zahl der Bacterien in den Control-



gefässen steigt bei den im Winter unternommenen Versuchen fast nie an. Dieser Umstand ist hauptsächlich der gleichmässig niedrigen Temperatur zuzuschreiben und ist insofern für unsere Versuche von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit, als dadurch der durch die Vermehrung oder durch das Absterben von Mikroorganismen entstehende Fehler vollständig ausgeschaltet wird, ein für derartige Untersuchungen wesentlicher Factor. Während des Sommers war die Keller- bez. Wassertemperatur, welche entweder schon von Anfang an gleich waren oder sich doch bald in das Gleichgewicht setzten, erhöht. Diese Erhöhung betrug zwar nur wenige Grade, dennoch wuchs entsprechend dem Anstieg der Wärme die Anzahl der Bacterien. Allerdings war das Verhältniss nicht immer constant, eine Thatsache, welche auch anderen Forschern, wir erinnern an die schon erwähnte Arbeit von Heräus, aufgefallen ist.

Eine Niedersenkung der Bacterien in den Controlgefässen fand nicht statt, nur bei dem ersten Versuche mit Calciumcarbonat war nach 48 Stunden eine unbedeutende, nach 102 Stunden eine deutlichere Senkung nachzuweisen. Das Fehlen der Senkung darf mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Kürze unserer Versuchszeit, welche im Allgemeinen nicht über 50 Stunden dauerte, zurückgeführt werden.

Wir verwendeten acht verschiedene Arten chemisch indifferenten Materials zu unseren Versuchen. Das physikalische Verhalten dieser Stoffe ist jedoch verschieden. So haben wir z. B. zwei Körper, welche sich durch ein relativ hohes specifisches Gewicht auszeichnen, nämlich Coaks und Sand, während die übrigen Materien viel geringeres specifisches Gewicht besitzen. Diese letzteren gaben im Verhältniss zu den ersteren viel bessere Fällungsresultate. Bei Sand und Coaks ist nur eine minimale Fällung zu bemerken, bei Coaks nach 6 Stunden mit 0·5 ^{grm} und 2·0 ^{grm} pro Liter nur eine Verminderung um die Hälfte in den oberen und mittleren Schichten. Dieselbe Verminderung wurde durch Zusatz von 2·0 ^{grm} Sand pro Liter erreicht, während mit 0·5 ^{grm} pro Liter eine Abminderung der Bacterien in den oberen und mittleren Schichten nicht erzielt werden konnte. Prüfungen, welche sich über grössere Zeiträume erstreckten, waren nicht nöthig, da sich die Substanzen schon nach sehr kurzer Zeit, nach 3 bis 30 Minuten, zu Boden gesetzt hatten. Bei Kieselguhr hingegen war bei Zusatz von 0·5 ^{grm} pro Liter nach 20 Stunden eine vierzehnfache, und nach Zusatz von 2·0 ^{grm} pro Liter nach derselben Zeit beinahe eine 50fache Verminderung in den oberen und mittleren Schichten zu bemerken. Aehnlich verhält es sich mit den anderen Substanzen wie Calciumcarbonat, Ziegelmehl, Thon, Aluminiumoxyd, Holzkohle. Nach den aus unseren Versuchen geschöpften Erfahrungen müssen wir annehmen, dass um so mehr Mikroorganismen in die Tiefe geführt werden,

je langsamer die in das Wasser gebrachten Materialien selbst zu Boden sinken.

Die Stoffe wirken, wie bereits erwähnt, in zweierlei Weise, zuerst dadurch, dass sie als gröbere Körper sich auf die Mikroorganismen legen und sie einfach zu Boden drücken, sodann dadurch, dass sie die in ihrer Nähe befindlichen kleineren Körper anziehen. Soll der Mikroorganismus aber dieser Attraction folgen, dann muss die Anziehungskraft des sich senkenden Körpers grösser sein als der Widerstand, welchen das Wasser dem angezogenen Mikroorganismus entgegensetzt. Dieser Widerstand wird besser überwunden, je länger die Anziehung aus nächster Nähe wirkt. Daher müssen die Stoffe, welche sich langsam zu Boden senken, besser klären als diejenigen, welche rasch in die Tiefe sinken.

Auch wird das Niedergerissenwerden der Mikroorganismen länger anhalten bei Stoffen, welche langsam niederfallen. In unseren Versuchen hörte bei einigen, ungefähr gleich schnell sinkenden Substanzen die Fällung der Mikroorganismen zwischen der 20. und 30. Stunde ruhigen Stehens auf, z. B. bei Ziegelmehl und Calciumcarbonat. Bei den Stoffen, welche das Wasser länger trüben, z. B. bei Kieselguhr und Aluminiumoxyd, bemerkten wir noch nach 50 Stunden eine Verminderung der Mikroorganismen in den mittleren und oberen Schichten.

Ferner ist bei den Substanzen, welche fast gleich schnell im Wasser zu Boden fallen, die Menge des benutzten Materials von grosser Einwirkung auf die Niedersenkung der Bacterien. Es ist schon vorher davon gesprochen worden, dass, je dichter die Körperchen in dem Wasser schweben, um so schwieriger die Mikroorganismen dem Einfluss derselben entgehen. Aus allen unseren Versuchen lassen sich Beispiele einer stärkeren Niedersenkung mit dem grösseren Zusatz beibringen, z. B. wird bei dem zweiten Versuche mit Thon bei einem Zusatz von $0 \cdot 5^{grm}$ pro Liter nach 20 Stunden die Menge der Mikroorganismen in den oberflächlichen Schichten um das Zehnfache, in den mittleren um das Vierzigfache vermindert, am Boden hingegen um das Achtfache vermehrt. Grössere Multiplicatoren finden wir bei einem Zusatz von $2 \cdot 0^{grm}$ pro Liter, hier wird die Anzahl der Keime nach 20 Stunden in den oberen Partien um das Vierzigfache, in den mittleren sogar um das Neunzigfache vermindert, wohingegen die Vermehrung am Boden ungefähr eine dreissigfache ist. Aehnlich verhält es sich bei allen unseren Versuchen, wie aus den Tabellen leicht ersichtlich ist.

Nachdem so durch das Fällmaterial in den oberen und mittleren Schichten eine Verminderung erzeugt worden ist, tritt in den meisten Fällen nach 50 Stunden wieder eine Vermehrung der Bacterien ein und

zwar in dem Grade, wie sie im Wasser der Controlgefässe nicht stattfindet. Da das Wasser in beiden Gefässen denselben Aussenbedingungen ausgesetzt war, so muss diese schnellere Vermehrung in den Versuchsgefässen auf den Zusatz der fein vertheilten Stoffe zurückgeführt werden. Diese Stoffe vermögen aber in verschiedener Weise einzuwirken. So ist es z. B. nicht undenkbar, dass trotz der „Unlöslichkeit“ im Wasser, welche den benutzten Stoffen eigen ist, doch minimale Mengen, die der chemischen Analyse entgehen, aufgelöst werden. Diese geringen Mengen können indessen bei der Anspruchslosigkeit mancher Bacterien zu einer reichlicheren Ernährung und somit zu rascher Vermehrung genügen. Durch das Fällmaterial werden ferner nicht nur die Bacterien, sondern wahrscheinlich auch ihre Ausscheidungsproducte entfernt, wodurch die zurückbleibenden Organismen von den schädlichen Stoffen, mögen diese aromatischer oder saurer oder alkalischer Natur sein, befreit werden, was wiederum reichlichere Vermehrung zur Folge hat.

Einige Beispiele mögen kurz den Unterschied zwischen der Vermehrung in den Controlgefässen und den zu den Versuchen benutzten erläutern. In Versuchsgefäss II des mit Ziegelmehl angestellten Versuches steigt die Zahl der Mikroorganismen, welche in 20 Stunden in den oberen Schichten auf 72 gesunken war, nach weiteren 30 Stunden auf 1673; in den mittleren Schichten von 43 auf 1945 Bacterien an, während in den Controlgefässen die Zahlen dieselben bleiben. Eine noch stärkere Vermehrung giebt Versuchsgefäss II des zweiten mit Thon vollführten Versuches, dort steigt die Anzahl der Keime oben zwischen 20 bis 50 Stunden von 121 bis 3944, in der Mitte während derselben Zeit von 53 bis 4184 an; im Controlgefäss hat ein Ansteigen nicht statt. Nicht immer tritt diese Vermehrung in der Zeit zwischen der 20. und 50. Stunde ruhigen Stehens ein, bei sehr langsam niedersinkendem Material, wie Kieselguhr, sieht man noch nach 50 Stunden eine Verminderung der Keime, besonders in der Mitte; nachher wird ohne Zweifel eine Vermehrung folgen, wie aus dem Resultat des ersten Versuches geschlossen werden kann.

Bald nachdem das Sinken der fein vertheilten Partikelchen zu Ende ist, gleichgültig ob dieses nach kürzerer oder längerer Zeit eintritt, sind meistentheils die Zahlen für die in der Mitte der Flüssigkeit gefundenen Bacterienmengen kleiner als die für Oben und am Boden notirten. Die grössere Anzahl am Boden ist auf die Anzahl der gefällten Bacterien zurückzuführen. Dass die Zahl der Mikroorganismen in den oberen Schichten oft grösser ist als in der Mitte, erklärt sich dadurch, dass die Reinigung des Wassers von den Sinkstoffen in den oberen Schichten viel früher beendet ist als in den mittleren und unteren, durch welche das von oben kommende Material sich langsam weiter senkt. In Folge dessen wird die

Vermehrung in den oberen Schichten auch früher beginnen bez. sich bemerkbar machen als in den mittleren. Hierzu kommt noch, dass auch der in den oberen Partien reichlicher vorhandene Sauerstoff möglicher Weise begünstigend einwirkt. Die Erscheinung der relativen Bacterienarmuth der mittleren Schichten trat bei unseren Versuchen meistens nach 20 Stunden ein, wie an den Tabellen für Thon, Calciumcarbonat II, Kieselguhr I, Aluminiumoxyd II, Ziegelmehl und Holzkohle zu sehen ist. Bei anderen Versuchen können wir diese Thatsache erst nach 50 Stunden beobachten.

Hierbei darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass die zu Boden gesunkenen Bacterien von dort wieder nach oben dringen können, sei es, dass die beweglichen Bacterien selbstständig die unteren Schichten verlassen, sei es, dass die unbeweglichen Mikroben durch Strömungen, welche durch Temperaturdifferenzen u. s. w. in dem Wasser bedingt sind, nach oben geführt werden. Bei unseren Versuchen kommt noch hinzu, dass auch die Entnahme der Proben mit langen Pipetten auf das Aufsteigen der Bacterien von Einfluss war. Alle diese Gründe werden dazu beitragen, die Keimzahl in den oberen und in erster Linie in den mittleren Schichten nach einiger Zeit wieder ansteigen zu lassen.

Der erste Versuch mit Calciumcarbonat giebt ein viel weniger gutes Resultat als der zweite. Dies liegt daran, dass in diesem Falle nicht vollständig sterilisirtes Material verwendet und der Versuch bei einer Temperatur von 11° C. ausgeführt wurde, während beim zweiten Versuch das Material steril war und die Temperatur Anfangs 8° C. betrug.

Aehnliches ist von den Versuchen mit Kieselguhr zu berichten. Beim ersten wurde ungesiebtes, nur gestossenes Material benutzt, es ergab sich ein mittelstarkes Niedergerissenwerden der Bacterien, aber nach 29 Stunden schon wieder ein starkes Wachsen der Zahl derselben. Das fein gesiebte Material lässt seine Wirkung noch nach 50 Stunden sehen. Es hängt dies mit dem schnelleren und langsameren Sinken der Substanz zusammen. Die Temperatur wird gleichfalls von Einfluss gewesen sein, denn sie betrug bei dem ersten Versuch 10 bis 13° C., bei dem zweiten 6 bis 9° C.

Hiermit hätten wir die uns gestellte Aufgabe, zu zeigen, in welcher Weise fein vertheilte Substanzen rein mechanisch auf die Mikroorganismen einwirken, zu Ende geführt, und lässt sich das Gesammtresultat dahin zusammenfassen: F e i n v e r t h e i l t e, c h e m i s c h i n d i f f e r e n t e S u b s t a n z e n n e h m e n i n W a s s e r g e b r a c h t e i n e n g r o s s e n T h e i l d e r i n d e m s e l b e n e n t h a l t e n e n B a c t e r i e n m i t z u B o d e n. D e r W i r k u n g i s t u m s o g r ö s s e r, j e l a n g s a m e r, b i s z u e i n e r g e w i s s e n G r e n z e, d a s N i e d e r s i n k e n e r f o l g t u n d j e m e h r M a t e r i a l e i n g e b r a c h t w i r d.

Um den Unterschied zwischen diesen Substanzen und solchen, welche daneben auch chemisch wirken, in etwas zu beleuchten, also zur besseren Veranschaulichung der chemischen und physikalischen Wirkung geben wir noch einige dahinzielende Versuche. Wir beginnen mit einem Körper, der chemische Wirkung geltend macht, wenn er auch keine Niederschläge bildet; es ist dies das

Magnesiumoxyd.

Das Material änderte sowohl die Reaction als auch die Härte des Wassers. Die Reaction wurde durch dasselbe von neutraler in deutlich alkalische umgewandelt. Zu Anfang des Versuches war das Versuchswasser durchweg alkalisch, diese Alkalescenz nahm mit der Zeit in den oberen und mittleren Schichten ab, wohl deshalb, weil das stärker alkalisch reagirende Magnesiumoxyd unterdessen niedergefallen war, vermehrte sich dagegen am Boden. Die Härte des Wassers wurde durch das Magnesiumoxyd um 8·7 deutsche Härtegrade gesteigert. Die Substanz wurde steril und fein gesiebt benutzt. Während des Versuches betrug die Keller- bez. Wassertemperatur 7° C. Die Wirkung auf die Mikroorganismen ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss I			Versuchsgefäss II		
Vor Zusatz:	4140 Bact. pro Ccm.			4676 Bact. pro Ccm.			4120 Bact. pro Ccm.		
Zusatz:	0			0·5 grm im Liter			1·0 grm im Liter		
Ort d. Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 2 std. Stehen	4260	4014	4316	1414	1410	16436	970	1000	20541
„ 20 „ „	5013	4670	4814	694	695	11065	680	432	7772
„ 50 „ „	5139	4067	5432	846	900	5040	860	1950	2781

Das Versuchswasser, das nach Zusatz des Materials sehr trübe war, zeigte nach 18 Stunden noch leichte Trübung, welche zwischen 20 und 30 Stunden verschwand.

Asche von hartem Holz.

Sterile und fein gesiebte Asche von hartem Holz wandelte die neutrale Reaction des Wassers, in welches sie geschüttet wurde, in eine alkalische um, besonders reagirten die vom Boden entnommenen Proben deutlich alkalisch. Als der Versuch angestellt wurde, betrug die Keller- bez. Wassertemperatur 11° C. Das Resultat war folgendes:

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	18368 Bact. pro Cubikcm.			18629 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			2·0 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 15 stündigem Stehen	42737	45388	54268	30	24	4600

Bei einem zweiten Versuch mit weniger Material war die Reaction am Boden nur schwach alkalisch.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	3875 Bact. pro Cubikcm.			2178 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			1·0 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 22stündigem Stehen	39530	35547	31221	833	4330	73961

Beide Male war das Wasser bei der Entnahme vollständig klar.

Aus den gegebenen Tabellen ist ersichtlich, dass auch bei diesen Stoffen eine Niedersenkung der Bacterien erfolgt, wie aus der Differenz zwischen der Keimzahl der Bacterien in den oberen Schichten und am Boden hervorgeht. Gleichzeitig aber tritt noch ein Abtödten der Mikroorganismen ein und zwar durch die Alkalescenz des Wassers, die bei grösseren Mengen von Material steigt. Am Boden der Gefässe, wo sich die alkalischen Substanzen ablagerten, war die alkalische Reaction viel stärker in den oberen Schichten, in Folge dessen war dort auch auf die Dauer als die grösste Verminderung nachzuweisen. Welchen Einfluss der Unterschied in der Alkalescenz hat, zeigen die Resultate bei dem Versuch mit Asche von hartem Holz. Hier ist bei einem Zusatz von 2·0 grm pro Liter nach 15 Stunden trotz der starken Niedersenkung der Bacterien eine Verminderung derselben am Boden eingetreten, während bei dem zweiten Versuch, welcher mit einem Zusatz von nur 1·0 grm pro Liter ausgeführt wurde, keine Verminderung, sondern vielleicht noch eine Vermehrung der Mikroorganismen am Boden stattfand. Wir müssen annehmen, dass in ersterem Falle die starke Alkalescenz im Bodensatz die Keimzahl verminderte, während im zweiten Falle die geringe Alkalescenz noch ein Weiterwachsen gestattete.

Konnten schon bei diesen schwach chemisch wirkenden Substanzen solche Resultate verzeichnet werden, so mussten stärker wirkende noch einen grösseren Einfluss ausüben. Eine derartig chemisch differente Substanz ist unter anderen die Kalkmilch. Schüttet man Kalkmilch in Wasser, so verbindet sich die Kohlensäure des Wassers mit dem Calcium-

hydrat zu Calciumcarbonat, welches im Wasser nahezu unlöslich bei seiner Entstehung Niederschläge bildet; diese schliessen die Mikroorganismen ein und führen sie in die Tiefe. Der Process der Bildung von Calciumcarbonat tritt bei dem von uns benutzten Wasser besonders stark hervor, da in demselben viel doppelkohlensaurer Kalk vorhanden ist, welcher seine halbgebundene Kohlensäure zu der Umwandlung des überschüssigen Calciumhydrats zu Calciumcarbonat hergiebt und so die Niederschläge vermehrt. Zu dieser starken mechanischen Einwirkung tritt dann noch die chemische hinzu. Durch das Calciumhydrat, welches gelöst bleibt, wird in dem Wasser eine starke Alkalescenz erzeugt, welche die Bacterien in ihrer Vitalität zu schädigen geeignet ist.

Kalk.

Die Menge Kalk, welche benutzt werden sollte, wurde gelöscht und die gewonnene Kalkmilch dem Wasser zugesetzt. Hierdurch wandelte sich die Reaction des Wassers in eine alkalische um. Nach einiger Zeit war die Reaction am Boden stark alkalisch, während nach tagelangem Stehen dieselbe in den oberen und mittleren Schichten schwach alkalisch wurde. Die Temperatur des Wassers schwankte zwischen 8 und 12° C. Es muss erwähnt werden, dass durch einen Zufall bei diesem Versuche die Anzahl der Bacterien im Controlgefäss und Versuchsgefäss stark differirt.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	4978 Bact. pro Cubikcm.			59576 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·2 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Sofort	5128	4984	5315	878	763	346
Nach 2 Tagen 19 Stunden	20521	19577	23603	634	1684	153
„ 22 „ 18 „	11002	12320	23820	2729	836	1176

Ein zweiter Versuch wurde angestellt bei einer Temperatur von 12° C.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	5259 Bact. pro Cubikcm.			11440 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·2 grm im Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach 17stündigem Stehen	7850	6271	9060	18	21	27
„ 42 „ „	13340	11032	11912	62	20	33
„ 66 „ „	16870	14242	16176	187	68	13

Nach $1^1/_2$ Stunden war das Wasser in den Versuchsgefässen noch trübe, schon etwas heller nach $2^1/_2$ Stunden, nach 42 Stunden war es vollständig klar.

Kalk und rohe schwefelsaure Thonerde.

Um eine schnellere und voluminösere Fällung des Kalkes zu bewirken, wurde ein Viertel der Menge desselben durch Aluminium sulf. crudum ersetzt (im Liter 0·15 Kalk + 0·05 rohe schwefelsaure Thonerde). Zuerst wurde die Kalkmilch in das Versuchswasser gegossen und dasselbe umgerührt, dann gleich die Thonerde zugegeben und nochmals umgerührt. Die Reaction des mit der Mischung behandelten nicht filtrirten Wassers wurde alkalisch und nahm mit der Länge der Versuchszeit, also während 48 Stunden zu. Die Temperatur im Keller betrug während dieses Versuches 12° C.

	Controlgefäss			Versuchsgefäss		
Vor Zusatz:	2265 Bact. pro Cubikcm.			2010 Bact. pro Cubikcm.		
Zusatz:	0			0·2 grm pro Liter		
Ort der Entnahme:	Oben	Mitte	Boden	Oben	Mitte	Boden
Nach $2^1/_2$ stündigem Stehen	2347	2100	2490	220	254	171
„ 26 „ „	15872	18460	23760	448	316	6462
„ 48 „ „	68865	44691	78813	950	1306	791

Nach $2^1/_2$ Stunden war die Flüssigkeit in dem Versuchsgefäss noch mittelschwach getrübt, nach 26 Stunden klar.

Wir nahmen bei diesen Versuchen nur 0·2 grm Material pro Liter statt 0·5 oder 2·0 grm pro Liter, wie bei den anderen Versuchen, um möglichst genau die Verhältnisse wiederzugeben, welche bei den Klärungen von Stadtabwässern gebräuchlich sind. (So wurden in der Stadt Halle zur Klärung von 1000 cbm Wasser 40 Kilo Aluminium sulf. crudum und 150 Kilo Kalkhydrat verwendet, ein Procentsatz, welcher sich mit dem unserigen ungefähr deckt.) Trotz der in Anwendung gezogenen geringen Menge ist der Erfolg dennoch erheblich.

Vergleichen wir die Resultate, welche wir in diesen wenigen, nur zur Orientirung angestellten Versuchen mit Kalk, Asche und Kalk mit Alaun erzielt haben, so ist direct ersichtlich, dass letztere erheblich besser sind als diejenigen, welche wir durch die einfache mechanische Fällung bekamen.

Wenn daher auch aus unseren Versuchen unzweifelhaft hervorgeht, dass die Bacterien durch niedersinkende Substanzen in erheblichem Maasse mit in die Tiefe gerissen werden, so ist diese Wirkung doch eine viel bedeutendere, wenn zu der mechanischen Wirkung noch die chemische hinzukommt. Bei Reinigung von Wässern werden daher auch die letzteren Stoffe im Allgemeinen den Vorzug verdienen und die rein mechanisch wirkenden Substanzen, wenn überhaupt, dann nur zur Unterstützung jener Verwendung finden können.

Hrn. Professor Dr. Gärtner sage ich noch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank für die Bereitwilligkeit, mit der er mir einen Platz in seinem Laboratorium eingeräumt hat, als auch besonders für seine fördernde Hülfe bei meiner Arbeit.

